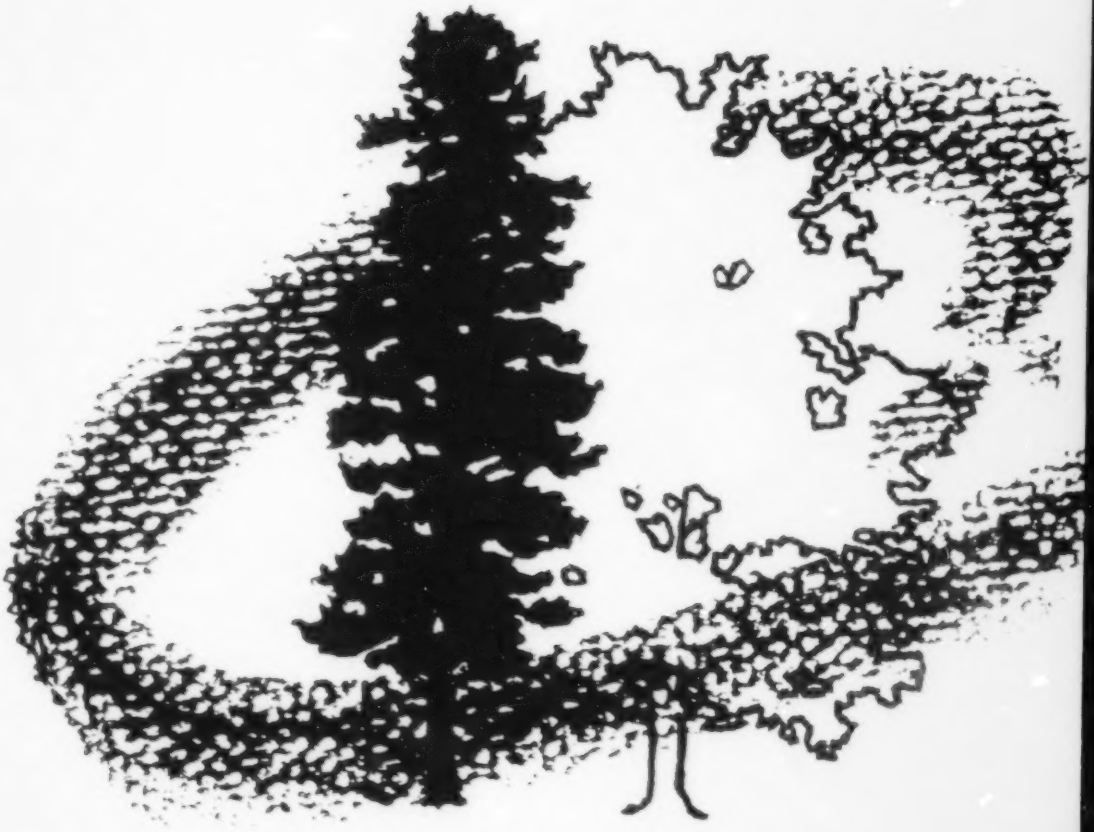
...PHOSATE
...AUVAGES
...TERRESTRES
...1989 ET 1990



Québec

92-05375/

RÉSIDUS DE GLYPHOSATE DANS LES FRUITS SAUVAGES À LA SUITE DE PULVÉRISATIONS TERRESTRES EN MILIEU FORESTIER EN 1989 ET 1990

Pierre Léveillé, biologiste-conseil

et

Jean Legris, biologiste
Gisèle Couture, tech. de la faune

Service du suivi environnemental

Gouvernement du Québec
Ministère des Forêts
Direction de l'environnement

Charlesbourg, mars 1992

©Gouvernement du Québec
Dépôt légal - 2e trimestre 1992
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN-2-550-22924-X
No de publication: FQ92-3032

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les personnes suivantes du ministère des Forêts pour leur collaboration à la réalisation de cette étude :

Michel Carmichael, tech. de laboratoire
Luc Laberge, biologiste
Lynda Maltais, secrétaire
Guy Mamarbachi, chimiste
Pierre Petitclerc, tech. de la faune

Des remerciements sont également adressés au personnel travaillant aux pulvérisations de phytocide dans chacune des unités de gestion concernées.

SOMMAIRE

En 1989 et 1990, le ministère des Forêts poursuivait le suivi environnemental du glyphosate (Vision[MD]) en milieu forestier. Ce phytocide est utilisé lors des pulvérisations terrestres nécessaires pour entretenir les plantations de résineux dans les forêts publiques. Le but principal de la présente étude est de mieux connaître le comportement des résidus de glyphosate dans les fruits du Framboisier et du Bleuet, après une application de 1,5 kg i.a./ha.

Deux stations ont été échantillonnées pour préciser le comportement des résidus dans les framboises au cours des premiers jours après le traitement. Au total, 16 prélèvements composites ont été recueillis pendant la première semaine et quatorze jours après le traitement. Les concentrations retrouvées dans les framboises variaient de 3,54 à 27,1 µg/g (poids humide). Durant la première semaine, les résidus moyens des deux stations augmentaient selon le temps jusqu'à 24,9 µg/g. Ils étaient de 12,24 µg/g après quatorze jours.

À des fins de comparaison, onze échantillons composites de framboises et six de bleuets ont été prélevés ponctuellement dans 15 secteurs différents. Dans le cas des framboises, les niveaux de résidus variaient de 1,79 à 20,7 µg/g. On a trouvé les valeurs maximales dans la période allant du cinquième au dixième jour après le traitement. Avant et après cette période, les résidus étaient inférieurs à 10 µg/g. Dans le cas des bleuets, la valeur maximale a été de 7,62 µg/g, cinq jours après la pulvérisation, et la valeur minimale de 1,64 µg/g, après 25 jours.

Avant d'effectuer l'analyse en laboratoire, une fraction de chacun des 17 échantillons précédents a été lavée à l'eau du robinet afin de vérifier l'effet du lavage des fruits. Les analyses subséquentes ont révélé une diminution significative des résidus dans certains cas alors que, contrairement à toute attente, nous avons constaté une augmentation des résidus dans d'autres échantillons. Néanmoins, le lavage n'a pas permis de réduire la quantité de résidus de glyphosate sous la limite de 0,1 µg/g dans aucun des 17 échantillons analysés. Rappelons que cette limite correspond à la quantité maximale de produit chimique tolérée dans les aliments. Elle a été établie par un règlement

du ministère de la Santé et du Bien-Être social du Canada. Pour cette raison, la cueillette des fruits sauvages demeure interdite sur les superficies traitées pendant tout le reste de la saison de végétation.

Toutefois, bien que la quantité de résidus dépasse la norme, il est improbable que la faune et l'homme subissent des impacts négatifs notables, même en considérant le plus haut niveau de résidus trouvé dans les fruits, car la toxicité du glyphosate est très faible.

Mots clés : glyphosate, résidus, fruits sauvages, comportement, lavage.

LÉVEILLÉ, P., J. LEGRIS et G. COUTURE, 1992. Résidus de glyphosate dans les fruits sauvages à la suite de pulvérisations terrestres en milieu forestier en 1989 et 1990. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, Service du suivi environnemental, publication n° FQ92-3032, 25 p.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS iii

SOMMAIRE v

TABLE DES MATIÈRES vii

LISTE DES TABLEAUX ix

LISTE DES FIGURES ix

INTRODUCTION 1

1. PROGRAMME DE PULVÉRISATION 3

1.1 Description du programme et des secteurs étudiés 3
1.2 Produit utilisé et technique de pulvérisation 5

2. MÉTHODE EXPÉRIMENTALE 7

2.1 Matériel utilisé 7
2.2 Description de l'échantillonnage 7
2.3 Technique d'analyse 8

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION 9

3.1 Comportement du glyphosate dans les framboises lors des deux premières semaines après le traitement 9
3.2 Résidus de glyphosate dans les fruits sauvages lors de vérifications ponctuelles. 11
3.3 Influence du lavage des fruits sur les niveaux de résidus de glyphosate 15
3.4 Évaluation sommaire des impacts des résidus de glyphosate dans les fruits sauvages 16

CONCLUSION 19

BIBLIOGRAPHIE 21

ANNEXE . Résidus de glyphosate dans les fruits sur différents sites traités à 1.5 kg i.a./ha de 1985 à 1990. 25

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 . Résidus de glyphosate dans les framboises du secteur Flynn après un traitement de 1,5 kg i.a./ha en 1989 9

TABLEAU 2 . Résidus de glyphosate dans les framboises sur différents sites traités à 1,5 kg i.a./ha en 1989 et 1990 12

TABLEAU 3 . Résidus de glyphosate dans les bleuets sur différents sites traités à 1,5 kg i.a./ha en 1989 13

TABLEAU 4 . Résidus de glyphosate dans les fruits non-lavés et lavés à l'eau du robinet 15

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 . Localisation des secteurs échantillonnés pour l'étude des résidus de glyphosate dans les fruits sauvages en 1989 et 1990 4

FIGURE 2 . Comportement du glyphosate dans les framboises lors des deux premières semaines suite à la pulvérisation au secteur Flynn en 1989 10

FIGURE 3 . Résidus moyens de glyphosate retrouvés dans les framboises en fonction du temps sur des sites traités à 1,5 kg i.a./ha de 1985 à 1990 13

FIGURE 4 . Résidus moyens de glyphosate retrouvés dans les bleuets en fonction du temps sur des sites traités à 1,5 kg i.a./ha de 1985 à 1990. 14

INTRODUCTION

Depuis 1985, le ministère des Forêts (MFO)[1] du Québec poursuit des études environnementales sur le phytocide glyphosate utilisé pour le contrôle de la végétation compétitrice dans les plantations de conifères. Le comportement général du produit a été étudié dans diverses composantes telles que l'eau et les sédiments (Legris et al., 1987; Legris et Couture, 1989a et b), le sol (Legris et Couture, 1988), la végétation (Legris et Couture, 1989b et c) et les travailleurs (Centre de Toxicologie du Québec, 1988). Ces études ont été réalisées lors de pulvérisations terrestres et/ou aériennes.

La présente étude porte exclusivement sur la présence de résidus de glyphosate dans les fruits du Framboisier de l'espèce Rubus idaeus L. et du Bleuet des espèces Vaccinium angustifolium Ait. et V. myrtilloïdes Michx.

Le premier objectif est de déterminer le comportement des résidus dans les framboises dans les premiers jours après le traitement. En effet, les échantillonnages effectués dans les études antérieures montraient une grande variabilité durant cette période. Le deuxième objectif est de voir si des vérifications ponctuelles, réparties sur plusieurs secteurs différents dans la province, confirment le comportement des résidus tel qu'il a été observé dans la première partie de cette étude et également dans les études antérieures. Finalement, un test a été réalisé avec les échantillons ponctuels afin de vérifier si un lavage des fruits peut diminuer de façon significative les résidus de glyphosate.

Cette étude nous permettra donc de mieux comprendre le comportement du glyphosate et d'actualiser l'évaluation des impacts sur la faune et l'homme.

---

1. Le ministère des Forêts a été créé le 1er février 1991. Avant cette date, la Direction de l'environnement faisait partie du secteur forêts du ministère de l'Énergie et des Ressources.

1. PROGRAMME DE PULVÉRISATION

1.1 Description du programme et des secteurs étudiés

En 1989, dans les forêts publiques du Québec, 5119 hectares ont été traités à l'aide du phytocide glyphosate. De ce nombre, 4387 ha ont été traités pour dégager des plantations envahies par une végétation compétitrice trop abondante alors que 732 ha ont été traités pour préparer le terrain avant la plantation. En 1990, 8919 ha de plantations ont été dégagés alors que 176 ha reçurent le traitement pour préparation en vue du reboisement. Ces chiffres excluent les superficies traitées par l'industrie forestière en forêt publique.

Les pulvérisations de phytocide nécessaires à l'entretien des plantations se déroulent habituellement un ou deux ans après les travaux de reboisement.

Dans la région du Bas St-Laurent (01), la végétation concurrente atteint alors une hauteur de 1 à 2 mètres et est principalement composée d'espèces colonisatrices tels le Framboisier (Rubus idaeus L.), l'Épilobe à feuilles étroites (Epilobium angustifolium L.) et le Cerisier de Pennsylvanie (Prunus pensylvanica L.f.). De façon générale, ces superficies sont dominées par le Framboisier dans des proportions de plus de 80 %.

Dans la région du Saguenay-Lac-St-Jean (02), aux espèces déjà citées, s'ajoutent des feuillus intolérants tels les Bouleaux (Betula papyrifera Marsh., B. alleghaniensis Britton) et le Peuplier faux-tremble (Populus tremuloïdes Michx.). La hauteur de la végétation concurrente varie de 1 à 2 mètres et le Framboisier recouvre les superficies dans des proportions de 40 à 50 %. De plus, un secteur expérimental de ligniculture où le parterre se composait exclusivement de Bleuets (Vaccinium angustifolium Ait. et V. myrtilloïdes Michx.) a été visité.

Dans la région de Trois-Rivières (04), les mêmes espèces de végétation concurrente y sont retrouvées mais en proportions différentes. Le Framboisier occupe environ 40 % des superficies alors que dominent les feuillus intolérants. Occasionnellement, on y a rencontré du Bleuet.

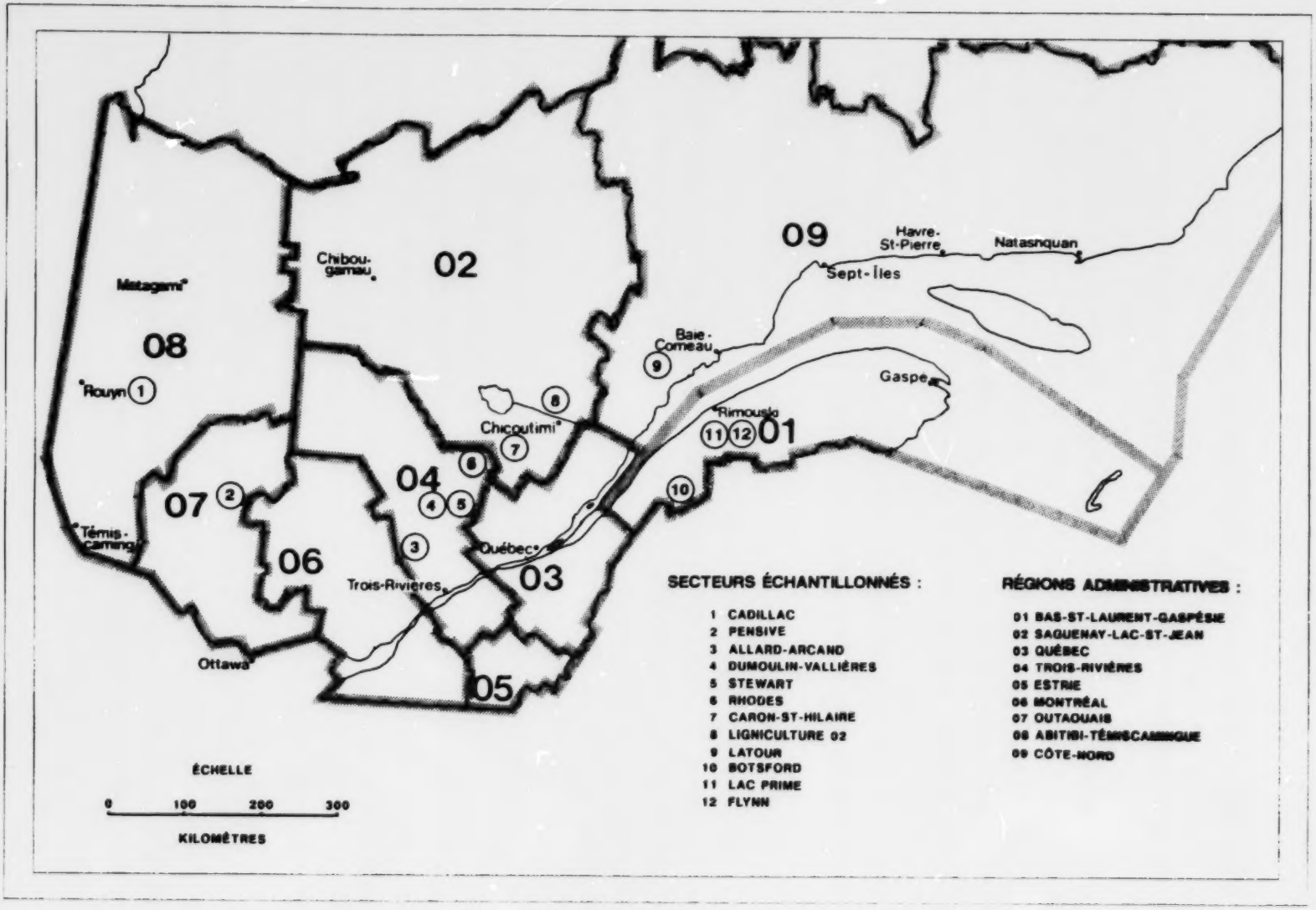


Figure 1 : Localisation des secteurs échantillonnés pour l'étude des résidus de glyphosate dans les fruits sauvages en 1989 et 1990.

Des secteurs plus au nord, localisés dans les régions de l'Outaouais (07), de l'Abitibi-Témiscamingue (08) et de la Côte-Nord (09) ont spécifiquement servi à l'échantillonnage de bleuets.

La figure 1 donne la localisation des secteurs échantillonnés pour l'étude des résidus de glyphosate dans les fruits sauvages en 1989 et 1990.

1.2 Produit utilisé et technique de pulvérisation

Le Vision[MD], fabriqué par Monsanto Canada Inc.[1], a été utilisé lors des pulvérisations. La formulation commerciale contient 41 % de sel isopropylaminique et 59 % d'additifs (eau et adjuvants). L'ingrédient actif est le glyphosate, N-(phosphonométhyle) glycine, qui est à une concentration de 356 grammes par litre de formulation.

La dose théorique était de 1495 grammes d'ingrédient actif par hectare (symbolisé par i.a./ha). La concentration de la préparation ou bouillie était d'environ 1 %, soit 4,2 litres de Vision[MD] dans 424,2 litres d'eau. Les sites étudiés ont été traités par voie terrestre avec des pulvérisateurs à barillet de type BoomJet[MD]. La largeur de la bande effective de pulvérisation était de quatorze mètres.

Le glyphosate est un phytocide non-sélectif, appliqué en période de post-émergence. Il agit de façon systémique et pénètre dans la plante presqu'exclusivement par le feuillage. L'absorption par les racines représenterait moins de 1 % du glyphosate retrouvé au sol (Ghassemi et al., 1981), alors que moins de 25 % de la quantité appliquée sur le feuillage serait transloquée particulièrement vers les extrémités méristématiques des tiges et des racines (Sandberg, 1978; Sandberg et al., 1980).

Le guide relatif à l'utilisation de phytocides en milieu forestier (Gouvernement du Québec, 1987) spécifie les périodes propices à la pulvérisation. La vitesse du vent doit être inférieure à 8 km/h, l'humidité relative supérieure à 50 % et

---

1. La citation de noms commerciaux ne constitue pas une recommandation d'utilisation par le MFO.

la température à l'ombre inférieure à 24 °C. Ces conditions favorables sont souvent réunies tôt le matin et à la tombée du jour. La pluie pouvant réduire l'efficacité du traitement, il est recommandé de s'assurer qu'il n'y ait pas d'averse à l'intérieur d'une période de six heures après la fin des pulvérisations. Mentionnons, de plus, que ces opérations ont lieu du début août à la mi-septembre alors que l'aoûtement (lignification des bourgeons terminaux) des conifères est terminé. Lors de ces travaux, des bandes de protection où toute pulvérisation est interdite sont établies à proximité des zones à susceptibilité environnementale élevée.

2. MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

2.1 Matériel utilisé

Différentes pinces médicales ont été utilisées afin d'éviter tout contact de l'échantillon avec les mains. Les instruments, en acier inoxydable, étaient préalablement décontaminés avant chaque cueillette par des lavages à l'eau déminéralisée puis à l'alcool éthylique. Les prélèvements de fruits étaient directement déposés dans des récipients en verre de 250 ml, préalablement rincés à l'eau déminéralisée, à l'acétone et à l'hexane. Parce que le couvercle du récipient n'était pas en verre, on a inséré à l'intérieur de celui-ci une feuille d'aluminium rincée pour éliminer tout risque de contamination.

Après la récolte, les échantillons étaient placés au frais (4 °C) dans une glacière avant d'être expédiés au laboratoire et congelés jusqu'à leur analyse. Un pluviomètre portatif a été utilisé au secteur Flynn.

2.2 Description de l'échantillonnage

Les fruits, présentant une maturité adéquate, ont été récoltés dans le tiers supérieur des plants de framboisiers ou de bleuets afin de refléter une grande exposition au produit.

L'étude du comportement des résidus dans les premiers jours suivant le traitement a été réalisée au secteur Flynn. Des échantillons composites ont été récoltés avant la pulvérisation (témoin) puis trois heures, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 14 jours après. Deux stations permanentes (A et B) ont été établies. Chacune d'elles comportait trois sous-stations qui ont servi à former des échantillons composites, représentatifs du secteur traité. À la station A, les sous-stations furent positionnées sur trois tracés adjacents du pulvérisateur, mais distantes de 25 mètres entre elles. À la station B, elles furent disposées en ligne droite et couvraient également trois passages du pulvérisateur. À chacune des visites, l'échantillonneur devait récolter environ 35 g de fruits répartis dans les trois tracés. Lors de la visite subséquente, l'échantillonneur cueillait les fruits à un mètre du parcours de la cueillette précédente afin d'éviter l'influence du

piétinement ou de la contamination accidentelle de la végétation par le passage de l'échantillonneur. Les précipitations au secteur Flynn ont été mesurées à chaque matin durant la première semaine après traitement.

D'autres secteurs localisés à travers la province n'ont été échantillonnés qu'une seule fois durant la saison, afin de vérifier le comportement du glyphosate observé au secteur Flynn. Lors de ces vérifications ponctuelles, l'échantillonneur se déplaçait perpendiculairement au trajet du pulvérisateur et recueillait des fruits sur deux ou trois parcours adjacents.

L'expérience de lavage des fruits fut réalisée à partir des échantillons précédents. L'échantillon fut décongelé et 30 g de fruits ont été lavés avec un litre d'eau du robinet avant d'être homogénéisés. Dix grammes d'homogénat ont ensuite servi à faire l'analyse des résidus.

2.3 Technique d'analyse

L'analyse des résidus dans les fruits a été réalisée quelques mois après la récolte par le laboratoire de chimie de la Direction de la recherche du MFO. La technique d'analyse utilisée nécessitait l'usage d'un chromatographe liquide à haute performance et une description détaillée de cette méthode est retrouvée dans Mamarbachi et al., 1989. La limite de détection pour les fruits est de 0,050 µg/g poids humide. La récupération moyenne du glyphosate dans les framboises est de 98 % avec un coefficient de variation de 22,7 % à un niveau d'enrichissement de 1,0 µg/g (cinq déterminations ont servi à cette vérification) et de 79 % avec un coefficient de variation de 3,7 % à un niveau d'enrichissement de 30 µg/g (quatre déterminations). Cette méthode d'analyse ne différencie pas les quantités de résidus à l'intérieur des fruits de ceux présents à la surface de ces derniers.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Comportement du glyphosate dans les framboises lors des deux premières semaines après le traitement

L'ordre de grandeur des quantités de résidus dans tous les échantillons varie de 3,54 µg/g à 27,1 µg/g, alors que les valeurs moyennes calculées pour les deux stations se situent entre 5,46 et 24,9 µg/g. Le tableau suivant présente les résultats.

TABLEAU 1 . Résidus[a] de glyphosate dans les framboises du secteur Flynn après un traitement de 1,5 kg i.a./ha en 1989

Temps après traitement	STATIONS A (µg/g)	STATIONS B (µg/g)	$\bar{X}$	Écart type
Témoin	N.D.[b]	---		
3 heures	7,38	3,54	5,46	2,72
1 jour	6,41	5,48	5,94	0,66
2 jours	15,6	13,5	14,6	1,48
3 jours	9,28	14,4	11,9	3,61
4 jours	14,0	23,9	19,0	7,00
5 jours	16,4	14,7	15,6	1,20
6 jours	22,4	17,4	19,9	3,54
7 jours	22,6	27,1	24,9	3,18
14 jours	15,7	8,78	12,2	4,89

[a] Valeurs majorées en regard des tests de récupération et exprimées en µg/g poids humide

[b] Non détecté (<0,050 µg/g)

On observe qu'après trois heures les résidus moyens sont de 5,46 µg/g. Dans les sept jours suivants, on note de façon générale un accroissement des valeurs pour atteindre 24,9 µg/g. Après 14 jours, les résidus moyens sont plus faibles, soit de 12,2 µg/g.

L'échantillonnage quotidien pendant la première semaine permet de constater que les résidus maximums ne se retrouvent pas immédiatement après le traitement mais plutôt après une semaine. Les pluies ont été mesurées afin d'en vérifier l'influence sur les niveaux de résidus retrouvés. Les observations indiquent qu'une pluie de 5 mm le troisième jour et une forte pluie de 20,5 mm le cinquième jour n'ont pas empêché l'augmentation des résidus, malgré la possibilité d'un lessivage dû à la pluie. La figure 2 illustre le comportement du glyphosate durant les deux premières semaines après le traitement.

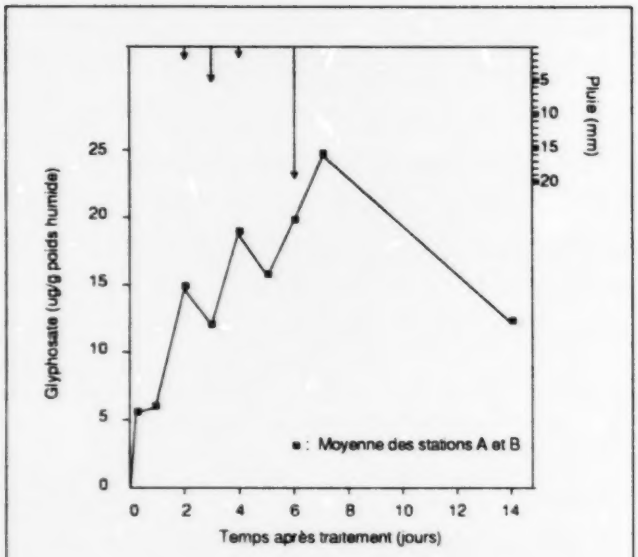


Figure 2 : Comportement du glyphosate dans les framboises lors des deux premières semaines suite à la pulvérisation au secteur Flynn en 1989.

Des études antérieures effectuées par le Ministère présentaient des résultats semblables sans qu'un suivi quotidien ne vienne en préciser les limites. Dans ces études, des échantillons récoltés peu de temps après le traitement présentaient des résidus de l'ordre de 10 µg/g et moins, alors que des valeurs variant de 10 µg/g à 44,2 µg/g étaient retrouvées entre quatre et dix jours après la pulvérisation. Après quinze jours, les résidus détectés étaient à nouveau inférieurs à 10 µg/g (Legris, 1989; Legris et Couture 1989c).

Après une revue de littérature, Caseley et Coupland (1985) constatent que le mode d'action du glyphosate se caractérise par un transport et une accumulation dans les zones méristématiques (zones de croissance des plantes) où il exerce principalement son effet phytotoxique. L'entrée du glyphosate dans la plante serait rapide lors des premières heures, suivie d'une période de quelques jours où la pénétration serait plus lente. Une période sans pluie de six à huit heures serait requise pour assurer une efficacité acceptable du glyphosate.

L'efficacité du glyphosate dépendrait de facteurs environnementaux tels que la lumière, l'humidité relative du sol et de l'air et la température. Toutes les combinaisons de ces facteurs qui affectent la croissance de la plante pourront favoriser également la pénétration, le transport et l'effet phytotoxique du glyphosate.

Dans les conditions particulières de notre étude, les pluies enregistrées avant les niveaux de résidus maximaux auraient pu favoriser la croissance des plantes et par conséquent augmenter le transport du glyphosate à partir du feuillage vers les fruits. Les framboises, fruits à croissance rapide, pourraient donc accumuler le glyphosate quelques jours après le traitement. Cette hypothèse pourrait expliquer les niveaux de résidus maximaux que l'on retrouve à cette période particulière.

Lund-Hoie (1980) rapporte quelques résultats qui s'apparentent au comportement que nous avons observé. Après 0, 3, 5 et 21 jours suivant une application aérienne de glyphosate de 0,75 kg i.a./ha, il retrouve respectivement des résidus de 0,15 , 0,22 , 0,40 et <0,05 µg/g, soit un maximum après cinq jours et un déclin par la suite.

Dans une étude canadienne en milieu naturel avec le Rubus strigosus Michx., Roy et al. (1989) ont démontré qu'un minimum de 10 % du glyphosate appliqué pénétrait les fruits pendant les neufs premières heures après l'application. Par la suite, ils observaient un déclin graduel des niveaux de résidus en fonction du temps. Notons cependant qu'aucun échantillon n'avait été récolté entre la troisième et la treizième journée.

3.2 Résidus de glyphosate dans les fruits sauvages lors de vérifications ponctuelles

Afin de vérifier le comportement établi précédemment, des échantillons ponctuels de fruits ont été recueillis sur 15 projets différents de pulvérisation répartis à travers la province. Onze prélèvements de framboises et six de bleuets ont été réalisés.

TABLEAU 2 . Résidus[a] de glyphosate dans les framboises sur différents sites traités à 1,5 kg i.a./ha en 1989 et 1990

Numéro de projet	Secteur échantillonné	Temps après traitement (jours)				
		1	4	5	10	11
111-89-273	Botsford	2,49	–	–	–	–
121-89-206	Flynn	–	1,79	–	–	6,84
121-90-285	Lac Prime	4,01[b]	–	–	–	–
121-90-285	Lac Prime	5,33[b]	–	–	–	–
211-89-271	Caron- St-Hilaire	–	3,66	–	–	–
231-89-199	Aulneau-Falardeau	–	–	20,7	–	–
410-89-302	Allard-Arcand	–	–	9,55	–	–
420-89-272	Rhodes	7,69	–	–	–	–
420-89-272	Stewart	–	–	–	14,9	–
420-90-272	Dumoulin-Vallières	–	3,55	–	–	–

[a] Valeurs majorées en regard des tests de récupération et exprimées en µg/g poids humide

[b] Récolté 6 heures après traitement

Dans les framboises (Tableau 2), les niveaux de résidus varient de 1,79 à 20,7 µg/g ce qui est comparable à ce que nous avons retrouvé au secteur Flynn cité précédemment. Les deux plus hautes valeurs se retrouvent cinq jours (20,7 µg/g) et dix jours (14,9 µg/g) après le traitement. Tous les échantillons récoltés quatre jours et moins et plus de onze jours après traitement, ont des résidus inférieurs à 7,69 µg/g. Ces valeurs confirmeraient aussi la tendance observée lors du suivi quotidien au secteur Flynn, en ce qui a trait à l'augmentation des niveaux de résidus à court terme suivie d'une diminution à long terme. Ces résultats s'apparentent également à ceux retrouvés dans les études antérieures réalisées par le MFO (Legris, 1989; Legris et Couture, 1989b et c). Dans ces études, les résidus variaient de 0,139 à 44,2 µg/g et les valeurs maximales se retrouvaient autour de sept jours après le traitement (Figure 3). Les résultats des études antérieures sont présentés en annexe.

Dans le cas des bleuets (Tableau 3), espèce peu abondante sur les sites traités, très peu d'échantillons ont pu être recueillis. Six secteurs de pulvérisation ont été échantillonnés ponctuellement jusqu'à une période de 25 jours

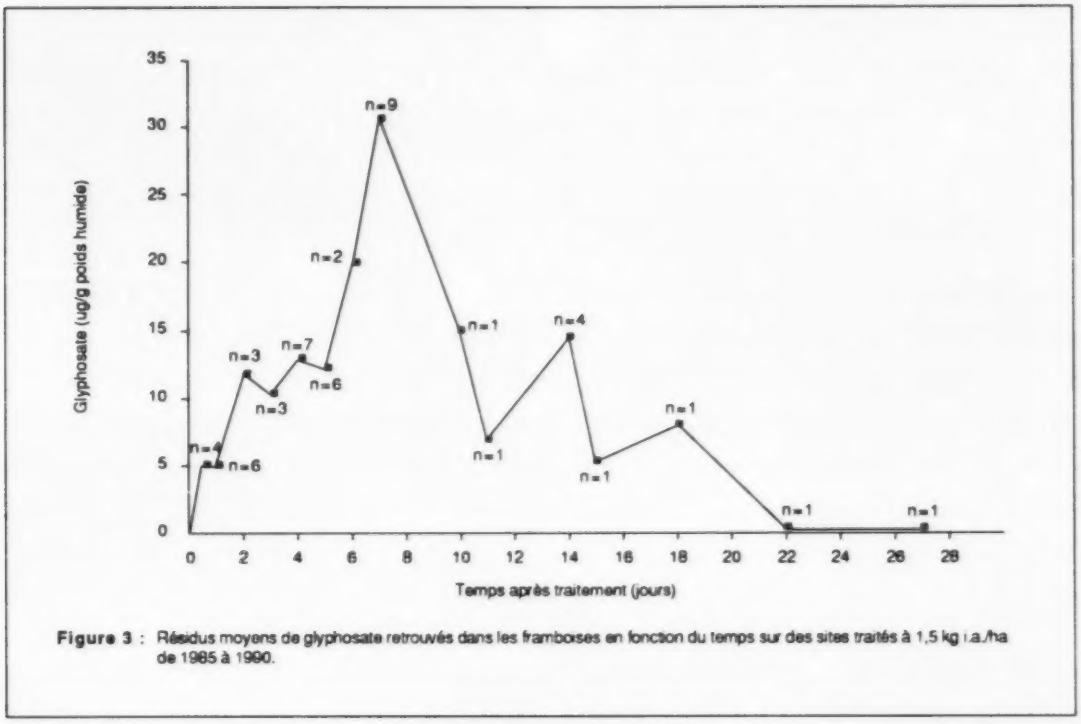


Figure 3 : Résidus moyens de glyphosate retrouvés dans les framboises en fonction du temps sur des sites traités à 1,5 kg i.a./ha de 1985 à 1990.

après le traitement. Les niveaux de résidus retrouvés sont beaucoup plus faibles que ceux retrouvés dans les framboises. La valeur maximale est de 7,62 µg/g cinq jours après la pulvérisation alors que l'on retrouve 1,64 µg/g après un délai de 25 jours.

TABLEAU 3 . Résidus[a] de glyphosate dans les bleuets sur différents sites traités à 1,5 kg i.a./ha en 1989

Numéro de projet	Secteur échantillonné	Temps après traitement (jours)				
		1	5	14	15	25
U.G. 23	Ligniculture	–	2,92	–	–	–
410-89-272	Allard-Arcand	–	7,62	–	–	–
420-89-272	Rhodes	5,64	–	–	–	–
742-89-271	Pensive	–	–	2,17	–	–
831-89-271	Cadillac	–	–	–	4,94	–
921-89-272	Latour	–	–	–	–	1,64

[a] Valeurs majorées en regard des tests de récupération et exprimées en µg/g poids humide

Le comportement du glyphosate dans les bleuets semble quelque peu différent de celui observé dans les framboises. En regroupant les données de la présente étude avec celles des études antérieures réalisées au MFO (Legris, 1989; Legris et Couture, 1989c), on constate que les résidus dans les bleuets sont toujours inférieurs à 10 µg/g et semblent présenter une diminution en fonction du temps. La figure 4 illustre ce comportement.

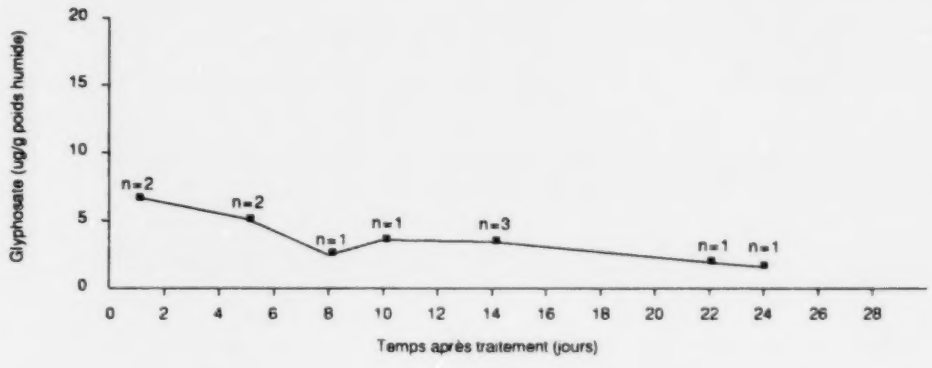


Figure 4 : Résidus moyens de glyphosate retrouvés dans les bleuets en fonction du temps sur des sites traités à 1,5 kg i.a./ha de 1985 à 1990.

Dans la littérature, peu d'études portent sur les résidus de glyphosate dans les bleuets. Roy et al. (1989) retrouvent des niveaux de résidus semblables après une pulvérisation terrestre de 2 kg i.a./ha. Les résidus sont de 7,94 mg/kg[1] immédiatement après le traitement et diminuent graduellement pour atteindre 1,23 mg/kg et 0,19 mg/kg respectivement après un délai de 33 et 61 jours.

De façon générale, on peut conclure que les échantillons ponctuels récoltés un peu partout à travers la province représentent bien l'ordre de grandeur des résidus présents dans les fruits sauvages. Rappelons que, théoriquement, la dose appliquée et la période de traitement sont semblables pour tous les secteurs de pulvérisation. Certains facteurs propres à chaque site peuvent toutefois

1. Mg/kg équivaut à µg/g

influencer la précision des résultats. Mentionnons à titre d'exemple la technique d'application, les caractéristiques physiques du milieu (topographie, végétation) ainsi que les conditions climatiques.

3.3 Influence du lavage des fruits sur les niveaux de résidus de glyphosate

Les échantillons ponctuels recueillis en 1989 et 1990 ont également été utilisés pour une expérience sur le lavage des fruits. Une fraction de chaque échantillon a été lavée avec un litre d'eau du robinet avant l'analyse. Les résultats pour les échantillons non-lavés et lavés sont présentés au tableau 4. La variation positive (+) ou négative (-) indiquée au tableau tient compte du coefficient de variation obtenu lors des tests de récupération effectués en laboratoire. Les échantillons présentant des résultats inférieurs à 10 µg/g ont été considérés avec un coefficient de variation de 22,7 %, alors que les valeurs supérieures à 10 µg/g ont été traitées avec un coefficient de variation de 3,7 %.

TABLEAU 4 . Résidus[a] de glyphosate dans les fruits non-lavés et lavés à l'eau du robinet

Fruits	Temps après traitement (jours)	Échantillons non-lavés	Échantillons lavés	Variation (+) (-)
Framboises	0,25	4,01	2,48	(-)
	0,25	5,33	2,97	(-)
	1	2,49	2,67	
	1	7,69	9,95	
	4	3,66	7,19	(+)
	4	1,79	2,48	
	4	3,55	8,64	(+)
	5	9,55	8,56	
	5	20,7	26,5	
	10	14,9	42,4	(+)
	11	6,84	14,1	(+)
Bleuets	1	5,64	2,76	(-)
	5	2,92	2,01	
	5	7,62	13,0	(+)
	14	2,17	0,56	(-)
	15	4,94	3,18	
	25	1,64	1,04	(-)

[a] Valeurs majorées en regard des tests de récupération et exprimées en µg/g poids humide.

L'effet anticipé, soit une diminution importante des niveaux de résidus par lavage, n'a pu être démontré dans les conditions particulières de l'expérience. En effet, sur un total de 17 échantillons de framboises et de bleuets, cinq ont

montré une augmentation significative des résidus détectés, cinq autres une diminution et sept valeurs sont demeurées équivalentes. Les différences sont parfois fortes, allant jusqu'à plus de trois fois la valeur initiale sans lavage. Il est également difficile d'établir une relation claire entre le délai de récolte après traitement et les variations des résidus après lavage. Deux échantillons de framboises récoltés six heures après traitement et un échantillon de bleuets récolté un jour après le traitement ont montré une diminution significative des résidus. Après cette période, les résidus détectés ont eu plutôt tendance à augmenter dans les framboises alors que, pour les bleuets, un seul échantillon a montré une augmentation et deux, une diminution.

Roy et al. (1989) ont cependant démontré que des fruits lavés immédiatement après le traitement ne contiennent pas de résidus, mais que s'ils sont lavés neuf heures après le traitement, on retrouve de 1 à 2 µg/g dans les bleuets et les framboises. Nous n'avons pas d'explication satisfaisante pour interpréter le fait que les résidus détectés aient augmenté dans plusieurs cas. Le protocole expérimental utilisé dans cette étude aurait pu influencer les résultats de façon significative. Ainsi, des facteurs tels que le délai de récolte après traitement, le délai de lavage et la qualité de l'eau de lavage pourraient affecter les résultats.

Une conclusion majeure demeure néanmoins valable pour tous les échantillons : les niveaux de résidus après lavage sont demeurés supérieurs à la limite de 0,1 µg/g déterminée par un règlement de la Loi sur les aliments et drogues (Santé et Bien-Être social Canada, 1981). Les conséquences de ce résultat sont discutées au chapitre suivant.

3.4 Évaluation sommaire des impacts des résidus de glyphosate dans les fruits sauvages

La pertinence de cette évaluation pour la faune ailée, les mammifères et l'homme est évidente puisqu'ils sont tous des consommateurs potentiels de fruits sauvages. Cependant, compte tenu des caractéristiques et du mode d'action du glyphosate qui agit essentiellement chez les plantes et les micro-organismes, les

propriétés toxiques du produit sont faibles chez les animaux supérieurs (Cole, 1985).

De plus, l'hydrosolubilité élevée du glyphosate, sa faible solubilité dans les graisses et son élimination rapide de l'organisme diminuent aussi les risques de bioaccumulation même en cas d'exposition répétée (Monsanto, 1985).

Atkinson (1985) a effectué une revue de littérature sur les effets à long terme du glyphosate chez différents organismes. Des expériences réalisées en laboratoire n'ont rapporté aucun effet cancérigène, tératogène ou mutagène pour des doses correspondant au niveau de résidus retrouvés après une pulvérisation de l'ordre de 1,5 kg i.a./ha.

Les données toxicologiques relatives aux effets du phytocide sur la faune proviennent en général de recherches effectuées en laboratoire. Evans et Batty (1986) rapportent une dose létale (DL_{50})[1] plus grande que 4,600 µg/g de poids corporel chez le Canard malard et le Colin de Virginie et n'observent aucun effet chez des pinsons soumis à une diète contenant 2,500 µg/g de glyphosate. Ce seuil de non-effet est environ 100 fois supérieur à la quantité maximale de résidus retrouvée dans la présente étude.

Dans une étude antérieure réalisée au MFO (Legris et Couture, 1989c), des résidus maximums de 45,3 µg/g étaient retrouvés dans le feuillage après une pulvérisation terrestre de glyphosate de 1,5 kg i.a./ha. Un calcul du facteur d'exposition pour un mammifère tel que le lapin ne laissait envisager aucun impact notable des quantités résiduelles de glyphosate chez la faune. Dans les calculs présentés, un lapin pesant 1,5 kg devrait consommer 126 kg de feuillage contaminé à la concentration maximale en quelques jours pour atteindre la dose létale chez cette espèce (3800 mg/kg). Cette situation est toutefois irréaliste puisque la disponibilité des fruits est limitée à quelques semaines et que l'exposition de la faune n'est pas implicite car les animaux peuvent éviter la zone traitée et les fruits contaminés. Dans la présente étude, le maximum retrouvé étant

---

1. DL_{50} : Quantité de produit absorbé en une seule dose provoquant 50 % de mortalité dans une population donnée.

inférieur à 45,3 µg/g, nous n'envisageons donc pas d'effets toxiques sur la faune.

Chez l'homme, les seuils de toxicité par ingestion sont généralement estimés à partir de données obtenues chez d'autres mammifères. Aux États-Unis, l'Environmental Protection Agency (1986), considère pour l'homme une dose journalière acceptable (DJA) de 0,1 mg/kg de poids corporel. Cette dose correspond à la quantité de produit chimique dont l'ingestion quotidienne pendant la vie entière peut être considérée, d'après l'ensemble des données connues, comme dépourvue de risques appréciables pour la santé. Au niveau mondial, l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS) considèrent une DJA pour le glyphosate de 0,3 mg/kg de poids corporel (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1987). Au Canada, le ministère de la Santé et du Bien-Être social vient de réévaluer cette norme à la hausse pour la fixer à 0,75 mg/kg - pc (Santé et Bien-Être social Canada, 1991). En se basant sur cette dernière norme, un individu de 70 kg pourrait absorber quotidiennement 52,5 mg de glyphosate ou 1,18 kg de framboises contenant 44,2 µg/g de résidus sans risque appréciable pour la santé. Cette valeur de 44,2 µg/g représente la quantité maximale de résidus retrouvée au cours du suivi environnemental sur le glyphosate réalisé au ministère depuis 1985 (Legris, 1989).

Au Canada, un règlement de la Loi sur les aliments et drogues (Santé et Bien-Être social Canada, 1981) stipule qu'un aliment est falsifié s'il contient un produit chimique agricole ou un de ses dérivés dans des proportions supérieures à 0,1 partie par million[1]. Comme le glyphosate fait partie de ces produits et que les niveaux de résidus dans les fruits sauvages des secteurs traités dépassent ce seuil, le ministère des Forêts maintient sa position d'interdire la cueillette de fruits dans ces secteurs, d'une part afin de respecter l'esprit de la loi et d'autre part pour réduire le plus possible l'exposition des cueilleurs de fruits aux résidus de glyphosate. Des affiches indiquant cette interdiction sont donc apposées en bordure des sites traités.

---

1. 0,1 ppm équivaut à 0,1 µg/g

CONCLUSION

Après une pulvérisation de glyphosate en milieu forestier, à la dose de 1,5 kg i.a./ha, on a observé que le comportement des résidus dans les fruits varie en fonction du temps. Dans les framboises, le niveau de résidus augmente dans la première semaine après le traitement et diminue par la suite. Des pluies, mêmes fortes, n'empêchent pas l'augmentation des résidus lors de la première semaine. Des vérifications ponctuelles, effectuées sur plusieurs projets différents à travers la province, confirment les comportements déjà observés dans les fruits sauvages. Un lavage des fruits à l'eau du robinet avant l'analyse ne diminue pas les résidus à des niveaux acceptables selon la norme canadienne de 0,1 µg/g. Selon les informations toxicologiques disponibles actuellement dans la littérature scientifique, les résidus de glyphosate retrouvés dans les fruits sauvages sont de beaucoup inférieurs aux concentrations occasionnant des impacts chez les organismes non visés dont l'homme.

BIBLIOGRAPHIE

ATKINSON, D., 1985. Toxicological properties of glyphosate - a summary. In : The herbicide glyphosate, E. Grossbard and D. Atkinson (eds.), Butterworths and Co. (Publishers), U.K., pp. 127-133.

CASELEY, J.C., and D. COUPLAND, 1985. Environmental and plant factors affecting glyphosate uptake, movement and activity. In : The herbicide glyphosate, E. Grossbard and D. Atkinson (eds.), Butterworths and Co. (Publishers), U.K., pp. 92-123.

CENTRE DE TOXICOLOGIE DU QUÉBEC, 1988. Étude de l'exposition professionnelle des travailleurs exposés au glyphosate. Centre Hospitalier de l'Université Laval pour le Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la conservation, Service des études environnementales, pub. no ER89-1110, 65 p. plus annexes.

COLE, D.J., 1985. Mode of action of glyphosate - a litterature analysis. In : The herbicide glyphosate, E. Grossbard and D. Atkinson (eds.), Butterworths and Co. (Publishers), U.K., pp. 48-74.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1986. Guidance for the reregistration of pesticide products containing glyphosate as the active ingredient. U.S., Office of pesticide programs, Washington, D.C., EPA-540/RS-86-155, p. 20.

EVANS, D.D. and M.J. BATTY, 1986. Effects of high dietary concentrations of glyphosate (Roundup) on a species of bird, marsupial and rodent indigenous to Australia. Environmental Toxicology and Chemistry, 5 (4) : 399-401.

GHASSEMI, M., L. FARGO, P. PAINTER, S. QUINIIVAN, R. SCOFIELD and A. TAKARA, 1981. Environmental fates and impacts of major forest use pesticides. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Pesticides and Toxic Substances, Washington, D.C., contract n° 68-02-3174, pp. A149-A168.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, 1987. Guide relatif à l'utilisation de phytocides en milieu forestier. Document préliminaire. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales et Service de la régénération forestière, 62 p.

LEGRIS, J., 1989. Bilan des contrôles environnementaux suite à des pulvérisations de glyphosate en milieu forestier sur les terres publiques québécoises. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales, 22 p.

LEGRIS, J., G. COUTURE, L. LABERGE et G. MAMARBACHI, 1987. Concentrations résiduelles de glyphosate dans l'eau de surface en milieu forestier, suite à des pulvérisations terrestres, 1985. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la conservation, Service des études environnementales, publication no 3315, 35 p.

LEGRIS, J. et G. COUTURE, 1988. Résidus de glyphosate dans le sol forestier suite à des pulvérisations terrestres en 1985 et 1986. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales, publication n° 3318, 22 p.

LEGRIS, J. et G. COUTURE, 1989a. Résidus de glyphosate dans l'eau et les sédiments suite à des pulvérisations terrestres en milieu forestier en 1986. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales, publication n° 3322, 27 p.

LEGRIS, J. et G. COUTURE, 1989b. Résidus de glyphosate dans un écosystème forestier suite à des pulvérisations aériennes au Québec en 1987. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales, n° ER90-3085, 35 p.

LEGRIS, J. et G. COUTURE, 1989c. Résidus de glyphosate dans le feuillage, les ramilles et les fruits sauvages suite à des pulvérisations terrestres en milieu forestier en 1985 et 1986. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales, publication n° 3321, 27 p.

LUND-HOIE, K., 1980. The impact of helicopter application of glyphosate on the management of Norwegian forest plantations. Association of Applied Biologists, Proceedings of the conference on weed control in forestry, April 1-2, Nottingham, U.K., pp. 73-82.

MAMARBACHI, G. et N. NADEAU, 1987. Méthodes d'analyse du glyphosate dans l'eau, l'air, le sol, les sédiments et la végétation. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales, publication n° 3319, 17 p.

MONSANTO CANADA INC., 1985. Étude sur Roundup^{R} - Un herbicide inoffensif pour la santé et l'environnement. Roundup^{R}, Bulletin sur l'herbicide, Mississauga, Ontario, 6 p.

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, 1987. Résidus de pesticides dans les produits alimentaires - 1986. Rome, Étude FAO-Production végétale et protection des plantes, n° 77, annexe 1.

ROY, D. N., S.K. KONAR, S. BANERJEE, D.A. CHARLES, D.G. THOMPSON, and R. PRASAD, 1989. Uptake and persistence of the herbicide glyphosate (Vision^{R}) in fruit of wild blueberry and red raspberry. Can. J. For. Res., 19 : 842-847.

SANDBERG, C.L., 1978. Herbicidal efficacy and physiological aspects of glyphosate (N-(phosphonomethyl)glycine) on field bindweed (Convolvulus arvensis L.). Dissertation Abstracts International, B, 39 (3) : 1074-1075.

SANDBERG, C.L., W.F. MEGGITT and D. PENNER, 1980. Absorption, translocation and metabolism of ^{14}C-glyphosate in several weed species. Weed research, 20 (4) : 195-200.

SANTÉ ET BIEN-ÊTRE SOCIAL CANADA, 1981. Loi sur les aliments et drogues. Article 4, Règlement sur les aliments et drogues, partie B, titre 15, B.15.002, p. 66.

SANTÉ ET BIEN-ÊTRE SOCIAL CANADA, 1991. Règlement sur les aliments et drogues - Modification (annexe n° 839), Gazette du Canada, Partie 1, 21 décembre 1991, pp. 4254-4256.

RÉSIDUS DE GLYPHOSATE DANS LES FRUITS SAUVAGES
SUR DIFFÉRENTS SITES TRAITÉS A 1,5 KG I.A./HA DE 1985 A 1990

FRAMBOISES

Délai de récolte (jours)	glyphosate (ug/g poids humide)									n	moy.	écart-type	C.V. (%)
0,5	7.38	3.54	4.01	5.33						4	5.07	1.72	36
1	6.41	5.48	5.72	7.69	2.49	2.00				6	4.97	2.25	47
2	15.6	13.5	6.28							3	11.8	4.89	45
3	9.30	14.4	7.24							3	10.3	3.69	39
4	14.0	23.9	3.55	3.66	1.79	36.8	6.89			7	12.9	13.08	105
5	16.4	14.7	20.7	9.55	3.66	8.42				6	12.2	6.17	53
6	22.4	17.4								2	19.9	3.54	20
7	22.6	27.1	38.2	44.2	19.4	28.7	36.5	24.8	34.6	9	30.7	8.16	27
10	14.9									1	14.9		
11	6.84									1	6.84		
14	15.7	8.78	14.7	18.6						4	14.4	4.12	30
15	5.19									1	5.19		
18	8.05									1	8.05		
22	0.368									1	0.368		
27	0.139									1	0.139		

BLEUETS

Délai de récolte (jours)	glyphosate (ug/g poids humide)			n	moy.	écart-type	C.V. (%)
1	7.90	5.64		2	6.77	1.60	27
5	2.92	7.62		2	5.27	3.32	71
8	2.66			1	2.66		
10	3.61			1	3.61		
14	3.04	2.17	4.94	3	3.38	1.42	45
22	2.09			1	2.09		
24	1.64			1	1.64		

Gouvernement du Québec
Ministère
des Forêts

50 %
de fibres
recyclées

X91-312